

## Les gisements de mammifères du Miocène supérieur de Kemiklitepe, Turquie :

### 1. Stratigraphie et magnétostratigraphie

par Sevket SEN, Louis DE BONIS, Nüzhet DALFES,  
Denis GERAADS et George KOUFOS

**Résumé.** — La présence de mammifères miocènes à Kemiklitepe est connue depuis YALÇINLAR (1946), mais aucune étude détaillée de la faune n'a été publiée jusqu'à présent. Les dépôts fossilifères appartiennent à la formation fluvio-lacustre d'Ahmetler. A Kemiklitepe, deux niveaux distincts, distants verticalement de 15 m, ont livré d'abondants restes de mammifères turoliens. L'étude magnétostratigraphique d'une coupe de 25 m d'épaisseur met en évidence une succession de cinq zones de polarité dominées par des polarités normales. La grande fréquence des inversions durant le Turolien ne permet pas d'envisager une corrélation directe de ces magnétozones. Deux hypothèses de corrélation ont été envisagées : la première, fondée sur les ressemblances de cette succession avec l'échelle géomagnétique, suggère des âges entre 6,4 et 7,2, attribuant ainsi les deux niveaux fossilifères au Turolien moyen ; la seconde hypothèse propose une corrélation avec un intervalle plus large, supposant des lacunes de sédimentation dans cette coupe, ce qui ne permet de corréler avec précision aucune des zones de polarité de Kemiklitepe avec les épisodes de l'échelle géomagnétique. Quelque soit l'intervalle de corrélation retenu, on obtient un faible taux de sédimentation, 3 cm/ka ou moins, ce qui est inhabituel pour des formations fluviales.

**Abstract.** — YALÇINLAR (1946) has first mentioned the occurrence of the late Miocene mammals at Kemiklitepe, but detailed studies of the fauna were never been published. The bone beds are included in the fluvio-lacustrine formation of Ahmetler. At the locality of Kemiklitepe, two distinct horizons, one 15 m above the other, yielded rich Turolian faunas. Magnetostratigraphic study of a 25 m thick section allowed to identify five polarity zones, mainly normal. The pattern of this succession is not obviously similar to that of the magnetic polarity time scale which displays during the Turolian a high frequency of polarity reversals. Therefore two hypotheses are possible : the first one, based on pattern similarities between the polarity time scale and the Kemiklitepe magnetozones, suggests an age spanning from 6.4 to 7.2 Ma for this section, including thus both mammalian horizons in the middle Turolian ; the second envisages large sedimentary gaps, and correlates roughly these magnetozones with a larger interval of the polarity time scale, in agreement with the mammalian ages (MN11 and MN12) of the fossiliferous horizons. Whatever the interval of tentative correlation, it implies low sedimentation rates, about 3 cm/ka, or less, which is unusual for fluvial deposits.

S. SEN, *URA 1433 du CNRS, Univ. P. et M. Curie, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés et Paléontologie Humaine, 75252 Paris cedex 05, France.*

N. DALFES, *I.T.Ü. Maden Fakültesi, 80626 Ayazaga, Istanbul, Turquie.*

L. DE BONIS, *Univ. de Poitiers, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés et Paléontologie Humaine, 86022 Poitiers cedex, France.*

D. GERAADS, URA 49 du CNRS, Musée de l'Homme et Univ. P. et M. Curie, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés et Paléontologie Humaine, 75252 Paris cedex 05, France.

G. KOUFOS, Univ. of Thessaloniki, Dept. of Geology and Physical Geography, 54006 Thessaloniki, Grèce.

## INTRODUCTION

Le site de Kemiklitepe (Colline aux ossements) se situe en Anatolie occidentale dans le département d'Usak, à mi-chemin entre Esme et Ulubey, à environ 1,5 km au sud du village de Karacaahmet. Sur les cartes topographiques à 1/25 000<sup>e</sup> de Turquie, la feuille concernée est numérotée L22 a2, avec les coordonnées 38° 20' N et 30° 35' E. Il s'agit d'un ensemble de petites collines émoussées, formées par l'entaille du plateau environnant par le réseau hydrographique du ruisseau de Balçıklidere.

La présence de Mammifères miocènes à Kemiklitepe a été signalée pour la première fois par YALÇINLAR (1946) qui, lors d'une excursion géologique dans ce secteur, a découvert de nombreux points fossilifères. Les ossements récoltés en surface lui ont permis d'identifier 17 espèces de grands mammifères, toutes localités confondues. Plus tard, la région a été visitée par des paléontologues turcs et allemands ; ils ont récolté d'autres spécimens en surface ou à l'aide de fouilles sommaires et publié de nouvelles listes fauniques, complétant ou amendant celle de YALÇINLAR (OZANSOY, 1961, 1969 ; SICKENBERG *et al.*, 1975 ; ERCAN *et al.*, 1978). Dans ces publications, on ne trouve que des listes fauniques préliminaires, établies à des fins biochronologiques et pour des comparaisons avec des faunes "pontiennes" ou "pikermiennes" d'Europe et d'Asie occidentale. TUNA (1980, 1985) a présenté une brève étude des hipparions de Kemiklitepe et figuré des restes dentaires de deux espèces. L'étude géologique détaillée de la région a été effectuée par ERCAN *et al.* (1978) ; dans cette note, ils mentionnent la présence d'ossements fossiles dans trois localités : Akçaköy, Fakilli et Balçıklidere (= ?Kemiklitepe). Ces auteurs ont figuré une dizaine de fragments d'os et de dents, sans toutefois préciser leur provenance.

Comme nous allons le voir au chapitre suivant, dans le secteur de Kemiklitepe les mammifères miocènes ne proviennent pas d'un seul niveau fossilifère. OZANSOY (1969 : 130) a observé "deux couches principales" contenant des restes de mammifères, l'une inférieure pauvre en fossiles, l'autre supérieure plus riche. Cependant, cet auteur n'a donné qu'une seule liste faunique.

Lors de nos recherches, nous avons repéré trois niveaux stratigraphiques distincts avec des restes de mammifères. Il paraît évident que les listes fauniques préliminaires publiées par divers auteurs sont en fait composites et ne peuvent être retenues comme représentant une seule faune. Cependant, c'est le niveau fossilifère supérieur qui est de loin le plus riche. Sur le terrain, sur environ un kilomètre carré, il suffit de se baisser pour ramasser des os dégagés par l'érosion des poches fossilifères du niveau supérieur. C'est pourquoi, on pourrait raisonnablement penser que la majorité des spécimens déterminés par ces auteurs proviennent de ce niveau.

YALÇINLAR (1946) a dénommé cette faune composite "la faune de Balçıklidere" du nom du ruisseau qui traverse le secteur fossilifère. Cette appellation ne paraît pas appropriée car ce ruisseau recoupe également d'autres collines qui livrent elles aussi des mammifères miocènes. En revanche, les villageois désignent le secteur fossilifère sous le nom de Kemiklitepe, nom également retenu par OZANSOY et plus tard par les autres paléontologues.

Le travail de terrain à Kemiklitepe a été financé par les crédits du CNRS-URA 1433, du DAGIC (M.E.N), du Collège de France (Chaire de Paléanthropologie et Préhistoire, dirigée par le Prof. Y. COPPENS) et de l'Université de Thessaloniki. Le Prof. N. DALFES nous a procuré des

autorisations de terrain. Les fouilles ont été effectuées durant l'été 1989 et 1990, avec la participation de H. BOCHERENS, L. DE BONIS, N. DALFES, D. GERAADS, B. GÜZELDOGU, J. J. JAEGER, G. KOUFOS, J. M. MAZIN et S. SEN. Hans DE BRUIJN, de Rijksuniversiteit Utrecht, a eu l'amabilité et a assumé la responsabilité de transporter le matériel récolté en 1990, avec sa camionnette, d'Ankara à Utrecht. Une partie du matériel fossile a été préparée par M. MOUCHELIN à l'Université de Poitiers. Les rapporteurs de cette note sont N. D. OPDYKE (Gainesville) et E. MOISSENET (Paris).

## GÉOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

La géologie de la région a été étudiée par ERCAN *et al.* (1978). La figure 1 présente la carte géologique levée par ces auteurs. Ils distinguent dans le bassin d'Usak, neuf formations (sédimentaires ou volcaniques) d'âge miocène. Les gisements de Kemiklitepe sont inclus dans le membre de Balçiklidere de la formation d'Ahmetler. D'après ces auteurs, le membre basal de cette formation (membre de Merdivenlikuyu) est constitué des dépôts de pente issus de l'érosion des massifs avoisinants ; mal stratifié, son épaisseur ne dépasse pas 50-60 m.

Le membre de Balçiklidere recouvre sans discordance le précédent ; il est constitué des dépôts fluviaux avec un cortège varié de sédiments allant des conglomérats à des calcaires, avec cependant une prédominance des marnes et marnes sableuses, à stratification horizontale. Leurs couleurs varient du beige à l'ocre clair. Par endroit, on observe des stratifications entrecroisées, des laminites, des fentes de dessiccation et des surfaces d'érosion. L'épaisseur maximum n'atteint pas 200 m. ERCAN *et al.* notent qu'ils ont trouvé des vertébrés fossiles dans les environs du ruisseau de Balçiklidere (Kemiklitepe ?) et des villages d'Akçaköy et de Fakilli.

Le membre de Gedikler complète cette formation par une alternance de silts, d'argiles et de tuffites, avec une épaisseur maximum de 60 m. Il s'agit des dépôts à dominance lacustre.

Les volcanites de Beydagi (laves andésitiques et tufs) sont, du moins partiellement, contemporains avec la formation d'Ahmetler et la base de la formation d'Ulubey (fig 1). Cette dernière, constituée essentiellement par des calcaires et des marnes lacustres, recouvre sans discordance la série sous-jacente. Elle témoigne de l'élargissement du régime lacustre dans le Bassin d'Usak vers la fin du Miocène.

Cette classification stratigraphique implique que les trois localités à mammifères connues à présent dans le secteur situé entre Usak et Esme, à savoir Kemiklitepe, Esme-Akçaköy et Fakilli, appartiennent au membre de Balçiklidere. La différence d'âge entre Esme-Akçaköy (Vallésien inférieur)

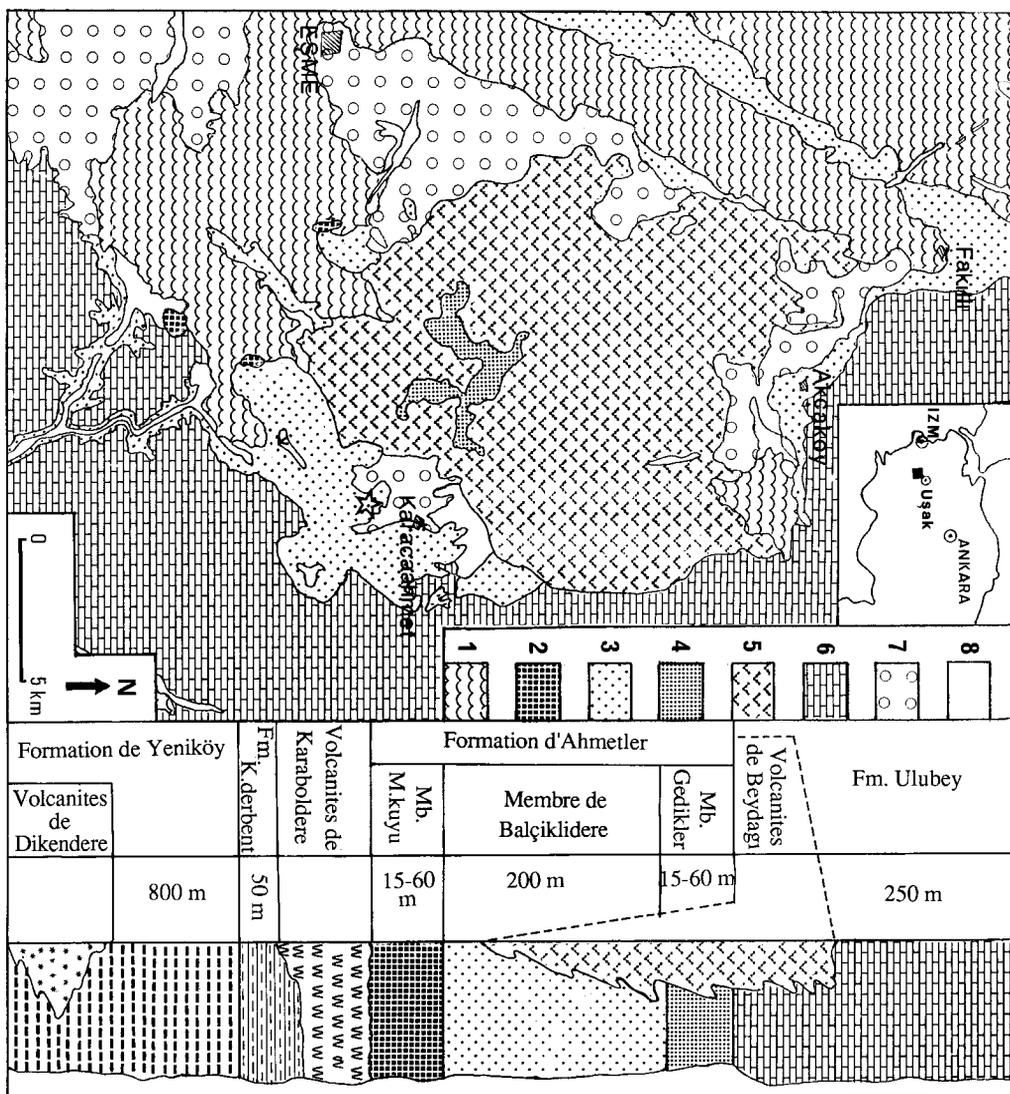


FIG. 1. — La carte géologique et la stratigraphie des formations néogènes des environs de Kemiklitepe (d'après ERCAN *et al.*, 1978, modifié). La localité à mammifères est indiquée par une étoile. 1) gneiss du Massif de Menderes ; 2) dépôts de pente du membre de Merdivenlikuyu ; 3) sédiments fluvio-lacustres du membre de Balçıklidere ; 4) silt, argiles et tuffites du membre de Gedikler ; 5) les volcanites (andésite, tuf, agglomérat) de Beydagi ; 6) formation lacustre d'Ulubey ; 7) dépôts fluviaux de la formation d'Asartepe ; 8) alluvions quaternaires.

*The geologic map and stratigraphy of Neogene deposits in the Usak Basin (after ERCAN *et al.*, 1978, modified). The Kemiklitepe mammal localities are indicated by a star. 1) gneiss of Menderes Massif ; 2) scree deposits of the Merdivenlikuyu Member ; 3) fluviolacustrine deposits of the Balçıklidere Member ; 4) silts, clays and tuffites of the Gedikler Member ; 5) Beydagi volcanites ; 6) lacustrine deposits of the Ulubey Formation.*

— une série de marnes beige-rose (5 m) souvent très compactée, avec des fréquents chenaux. Les remplissages de chenaux forment des bancs gréseux très durs, avec surface d'érosion à la base. Un de ces bancs, de couleur bleutée et épais de 0,5 m, contient des cristaux de biotite bien préservés. Vers le sommet, deux niveaux distincts contiennent d'abondants restes de mammifères ; le premier est inclus dans un banc de grès très compact (niveau à *Hystrix*) et le second, beaucoup plus riche que le premier, se trouve au sommet de ce banc de grès ou s'étale latéralement dans les marnes beige-rose (gisements de KTA et KTB). Dans ce niveau particulièrement riche en mammifères, les ossements sont concentrés sous forme de poches qui affleurent tout autour de Kemiklitepe et dans les ravineaux qui l'entaillent. Nous en avons observé plus d'une vingtaine, mais nous n'avons fouillé que deux poches dans le secteur sud (gisement KTA) et trois autres dans le secteur nord-ouest (gisement KTB). Les restes de mammifères récoltés en surface dans le secteur nord ont été regroupés sous l'appellation KTC.

— une série de sables marneuses peu compacte (4 m), de couleur rose-brun, qui se termine par la terre végétale des champs.

Cette coupe a été levée dans le ravin principal, affluent de Balciklidere, qui entaille la colline de Kemiklitepe. Son orientation est approximativement N 250°. Les poches fossilifères s'observent de part et d'autre de ce ravin. La distance stratigraphique entre les niveaux fossilifères inférieur (KTD) et supérieur (KTA, KTB, KTC) est de 15 m. Ces séries ne sont pas tectonisées et leur pendage est nul ou au maximum 4° SE.

Des échantillons ont été prélevés des niveaux à cinérites en vue de datations radioisotopiques ; ils ont été confiés à Gilles ODIN (Université P. et M. Curie). La séparation des éléments volcaniques, en particulier des biotites, à l'aide des liqueurs denses, a montré que ces sédiments contiennent aussi des particules de muscovites, ceci mettant en évidence une contamination provenant du socle cristallin. Ce phénomène rend hasardeuse toute tentative de datation par la méthode classique de fusion de fraction séparée. Dès lors nous avons envisagé des datations par la méthode de fusion laser sur cristal unique et, dans ce but, des échantillons ont été confiés en juillet 1992 à Carl SWISHER (Geochronology Center, Berkeley, USA). Au moment de la rédaction de ce manuscrit et de ceux portant sur l'étude de divers groupes de mammifères, aucun âge radiométrique n'était disponible. Les âges biochronologiques et les corrélations proposés par divers auteurs devraient donc être reconsidérés dans l'avenir à la lumière des éventuelles datations radiométriques.

#### CONDITIONS DE FOSSILISATION ET FAUNAS

La lithologie de chacun de ces trois niveaux fossilifères est différente. Dans le niveau inférieur (gisement de KTD) nous n'avons trouvé qu'une seule poche fossilifère. Le sédiment est un sable fin beige-gris, très peu argileux, avec une granulométrie inférieure au millimètre pour l'essentiel, mais aussi contenant quelques rares éléments millimétriques. Les os sont bien consolidés et en bon état de conservation, parfois en connexion. Ils sont de couleur blanchâtre. La liste des mammifères trouvés dans ce gisement s'établit comme suit : *Machairodus aphanistus*, *Choerolophodon pentelicus*, *Ceratotherium neumayri*, *Dicerorhinus pikermiensis*, *Chilotherium* sp., *C. persiae*, *Hipparion* sp., *H. mediterraneum*, *Pliohyrax* sp., *Palaeotragus roueni*, *Samotherium* sp., *S. major*, *Gazella* sp., *Protoryx parvidens*, *Palaeoreas elegans* et *Criotherium argaloides*. Cette faune peut être attribuée au Turolien inférieur (MN11).

Le "niveau à *Hystrix*" consiste en un banc de grès très compact, épais de 2,5 m à l'affleurement. Les os sont concentrés en poches dont l'épaisseur ne dépasse pas 20 cm. Ce niveau n'a

pu être fouillé en raison de la dureté de la roche, mais un palais d'*Hystrix primigenia*, à moitié dégagé par l'érosion, a été récolté (voir SEN, ce volume).

Le niveau fossilifère supérieur présente sur le terrain une extension latérale bien plus importante que les autres. Les fossiles sont conservés dans des poches (1-3 m de large et sur une épaisseur de 0,5 m maximum) dans des marnes beige-rose plus ou moins consolidées. Les os, de couleur blanchâtre, bien consolidés et rarement déformés, se trouvent fréquemment en connexion. Cependant, de nombreux spécimens ont été cassés avant la fossilisation. De plus sur certains os, on reconnaît aisément l'action des prédateurs, comme des traces de crocs ou des parties rongées. La faune provenant de ce niveau (gisements KTA + KTB) comprend : *Hystrix primigenia*, *Pseudomeriones* sp., *Orycteropus gaudryi*, *Adcrocuta eximia*, *Lycyaena* sp., *Hyaenotherium wongi*, ?*Indarctos* sp., *Choerolophodon pentelicus*, *Ceratotherium neumayri*, *Chilotherium* sp., *Hipparion* cf. *proboscideum*, *H. mediterraneum*, *H. matthewi*, *Ancylotherium* cf. *pentelicum*, *Pliohyrax graecus*, *Palaeotragus roueni*, *Gazella* sp., *Oioceros wegneri*, *Protoryx laticeps*, *Palaeoryx pallasii* et *Tragoportax amalthea*. L'opinion des divers spécialistes diverge sur l'âge de cette faune ; ils l'attribuent soit au Turolien moyen soit au Turolien supérieur (MN12 ou MN13).

Ces niveaux fossilifères ne sont pas à priori favorables pour la conservation des restes de micromammifères. Des tentatives de lavage-tamisage sur les sédiments de trois localités n'ont pas donné de résultats satisfaisants. La défloculation des sédiments n'a pas été suffisante pour obtenir des concentrés de lavage, bien que diverses méthodes eussent été essayées. Malgré cela, lors des essais, deux dents d'un petit rongeur (*Pseudomeriones* sp.) ont été trouvées dans le gisement KTB.

#### MAGNÉTOSTRATIGRAPHIE

Le long du ravin principal qui traverse Kemiklitepe, une coupe de 25 m d'épaisseur a été échantillonnée pour la magnétostratigraphie, sur 17 sites. Des blocs orientés à la boussole ont été prélevés. La distance stratigraphique entre divers sites ainsi que l'épaisseur des couches ont été mesurées soit directement soit calculées à l'aide d'une équation trigonométrique. Une attention particulière a été accordée à l'échantillonnage de tous les principaux bancs lithologiques et à la fraîcheur du sédiment échantillonné. La distance verticale entre deux sites de prélèvement n'excède pas 2,5 m. Par ailleurs, trois autres blocs ont été pris dans les gisements fouillés (KTA, KTB et KTD).

Ces blocs ont été forés au laboratoire pour obtenir des carottes (Ø 25 mm) qui sont par la suite divisées en échantillons de 22 mm de long. L'étude paléomagnétique a été effectuée au Laboratoire de Paléomagnétisme et Géodynamique de l'IPG de Paris et 20 échantillons ont été désaimantés et mesurés au Laboratoire de Stratigraphie de l'Université Paris 6. Ces laboratoires sont équipés de magnétomètres cryogéniques, respectivement de marques CTF et LETI, dont le seuil de sensibilité est d'environ 0,01 mA/m.

Au total 46 échantillons ont été désaimantés par chauffe, au moins en quinze paliers, jusqu'à l'étape de 600° ou 650°C. Pour 20 échantillons, l'évolution de la susceptibilité magnétique au cours du traitement thermique a été contrôlée. Sur six autres échantillons provenant de divers niveaux, un test de l'acquisition de l'aimantation rémanente (ARI) a été effectué.

Le mode d'acquisition de l'ARI montre que le principal minéral magnétique de ces sédiments a une faible coercivité, avec un point de saturation proche de celui de la magnétite. Cependant, sur deux échantillons, l'acquisition de l'ARI est plus lente, un peu au-delà de 0,3 Tesla. Ceci pourrait indiquer la présence d'un minéral magnétique à forte coercivité, formé par une légère altération des sédiments après leur mise en place. Cette hypothèse est confirmée par la désaimantation thermique : dans certains échantillons, la température de déblocage n'a pas été atteinte à 600°C.

La plupart des échantillons ont une aimantation forte et stable. Les valeurs de l'aimantation rémanente naturelle (ARN) varient de 2 à 54 mA/m, avec une moyenne de 15 mA/m. Cependant, 25 à 50% de cette aimantation est détruite avant le traitement à 200°C ; cela démontre clairement que cette fraction d'aimantation correspond à un minéral à faible coercivité, tel la goéthite, qui est la source principale de l'aimantation visqueuse, ou bien est due à l'abondance des particules magnétiques de petites dimensions et mobiles. De même, avant cette étape est détruite, aussi bien chez les échantillons de polarité normale que l'inverse, une faible composante d'aimantation qui est clairement une acquisition secondaire ; son orientation est difficile à identifier lorsque l'échantillon est de polarité normale, les directions des composantes primaire et secondaire étant plus ou moins superposées. En revanche, sur les diagrammes des échantillons de polarité inverse, cette composante se reconnaît aisément en raison de sa polarité plutôt normale (fig. 2). Dans trois sites seulement, l'élimination de cette composante nécessite des températures un peu plus élevées, mais en tout cas inférieures à 300°C. Lors des étapes plus élevées, il y a en général une bonne reproduction des directions d'aimantation ;

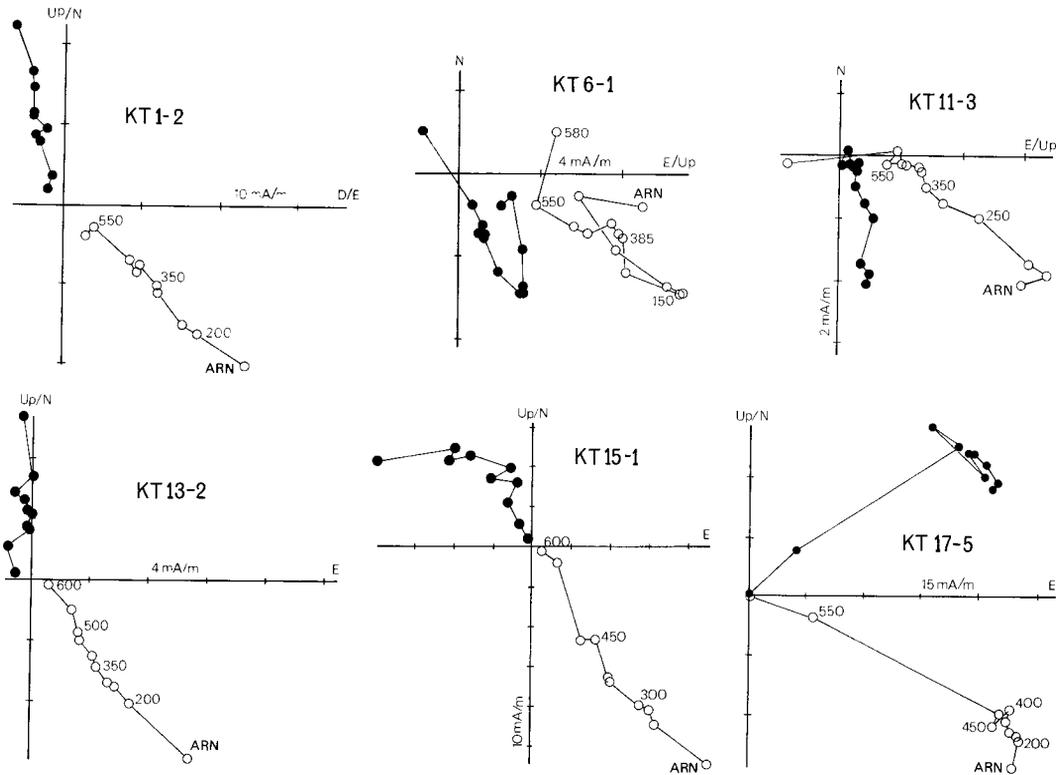


FIG. 2. — Un exemple caractéristique de désaimantation thermique pour six sites. Projection orthogonale sur le plan horizontal (ronds noirs) et vertical (ronds blancs). Les températures en °C et le numéro du site sont reportés sur chaque diagramme.

*Characteristic Zijderveld plots of thermal demagnetization for samples from six sites. Orthogonal projection in horizontal plan (black dots) and vertical plan (white dots). The characteristic temperatures in °C and the number of the site are indicated on each diagram.*

sur la plupart des diagrammes, une succession des points pratiquement alignés permet d'identifier, avec un bon degré de résolution, la composante primaire de l'aimantation (fig. 2). Pour tous les échantillons, la direction de cette composante a été calculée à l'aide d'un programme informatique et reportée sur la figure 3 sous forme de déclinaisons et inclinaisons en rapport avec la stratigraphie. Ces données ont servi à calculer les latitudes du pôle géomagnétique virtuel (PGV) (fig. 5).

Une autre observation qui découle de cette étude est que la susceptibilité magnétique ne varie pas notablement au cours de la désaimantation jusqu'à l'étape de 550°C. Mais, au-delà de ce palier, les 20 échantillons mesurés à cet effet montrent tous une baisse progressive de la susceptibilité. Cela indique probablement la transformation progressive de la magnétite en hématite à des hautes températures. Cela induit une certaine perturbation des directions d'aimantation lors des étapes avancées de la désaimantation.

La polarité de l'aimantation primaire a été clairement identifiée dans tous les sites échantillonnés, sauf un : c'est le site KT-17 prélevé à la base de la coupe dans des sables marneux. Les deux échantillons désaimantés montrent une aimantation très résistante (fig. 2) ; à l'étape de 550°C, l'intensité chute brutalement, pour être nettoyée totalement à 600°C. Les directions d'aimantation affichées avant cette chute sont en moyenne 55° pour la déclinaison et 25° pour l'inclinaison. Ces données ne permettent pas de définir la polarité de ce site.

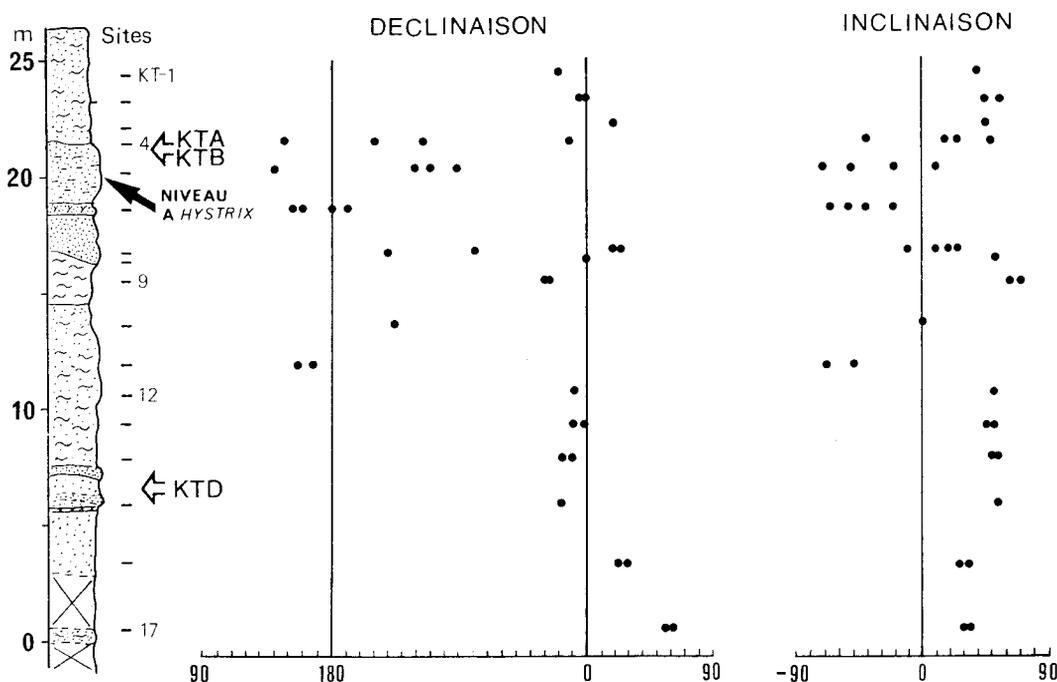


FIG. 3. — Les déclinaisons et les inclinaisons de l'aimantation primaire en rapport avec la stratigraphie de la coupe de Kemiklitepe. Les emplacements des sites de prélèvements paléomagnétiques, ainsi que ceux des gisements de mammifères sont indiqués à droite de la colonne stratigraphique. Voir le texte pour la lithologie.

*Declinations and inclinations of the primary characteristic magnetization versus lithologic column of the Kemiklitepe section. The horizons sampled for magnetic stratigraphy, as well as the location of mammal bearing horizons are reported on the right side of the section. See the text for lithology.*

Les directions de l'aimantation primaire sont notablement différentes de celles de l'ARN. En effet, les diagrammes stéréographiques (fig. 4) montrent que dans la plupart des échantillons les directions de l'ARN sont proches de celle du champ magnétique actuel ; en particulier, il faut noter la présence de peu d'échantillons à polarité inverse. Les directions obtenues après désaimantation, avec des polarités normales et inverses, sont antipodales (fig. 4b). Cela prouve d'une part l'identification correcte des directions de l'aimantation primaire, et d'autre part une rotation anti-horaire de la région, de l'ordre de 10-15°, depuis le Miocène supérieur. Ce dernier résultat corrobore les données déjà existantes sur la géodynamique de la région (KISSEL *et al.*, 1987).

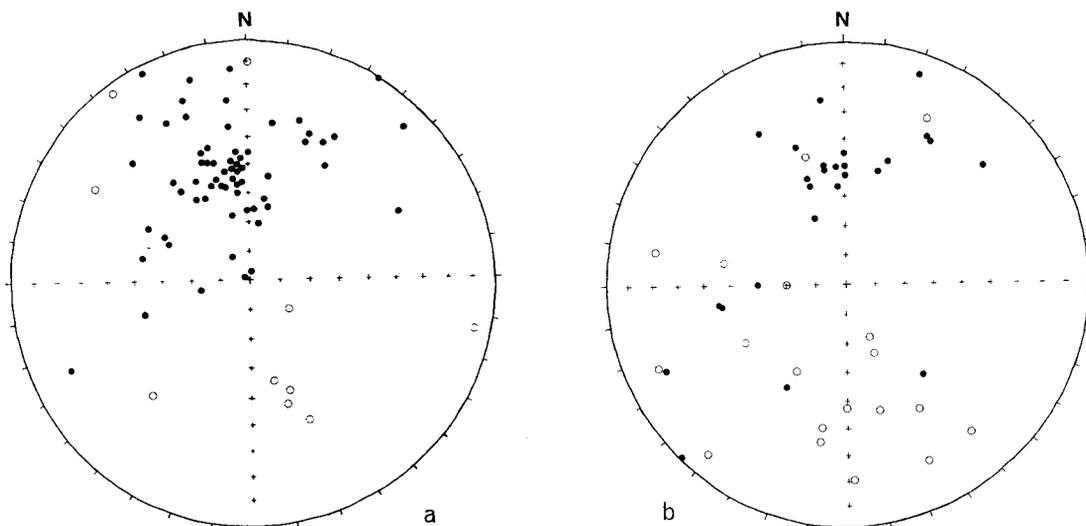


FIG. 4. — Projection stéréographique des directions de l'ARN (a) de 76 échantillons, et celles de l'aimantation primaire (b) pour 46 échantillons désaimantés. Les directions intermédiaires concernent en majorité les échantillons du site KT4 et des gisements fossilifères KTA et KTB.

*Stereographic plots of the NRM directions for 76 samples (a) and of the characteristic remanent magnetization for 46 samples (b). The intermediate directions shown in (b) mainly concern samples from the site KT4 and from the mammal localities KTA and KTB.*

En conclusion, cette étude paléomagnétique met en évidence la succession de cinq zones de polarités magnétiques dans la coupe de Kemiklitepe. De la base au sommet, une zone de polarité normale (5 sites) sur 8 m, une zone inverse (2 sites) sur 3 m, une courte zone de polarité normale (2 sites) sur 3 m, une nouvelle zone inverse (2 sites) sur 5 m et enfin au sommet une zone normale (3 sites) sur 3 m. De plus, les deux dernières transitions sont représentées chacune par un site à polarité intermédiaire. De même, les échantillons prélevés dans les gisements fossilifères KTA et KTB donnent aussi des polarités intermédiaires comme ceux du site KT-4 avec lequel il sont lithologiquement corrélés.

Quant au gisement KTD, il est situé sur le flanc est de Kemiklitepe, à environ 200 m de la coupe échantillonnée pour la magnétostratigraphie. S'il est possible de le corrélérer avec la partie supérieure de l'unité basale (série sableuse), sa position exacte dans cette coupe ne peut être précisée en raison de changement latéral de faciès et de la discontinuité des affleurements entre les deux secteurs. Les échantillons provenant de ce gisement montrent également une polarité normale avec des propriétés magnétiques similaires aux sites KT-14 et KT-15 (fig. 3 et 5).

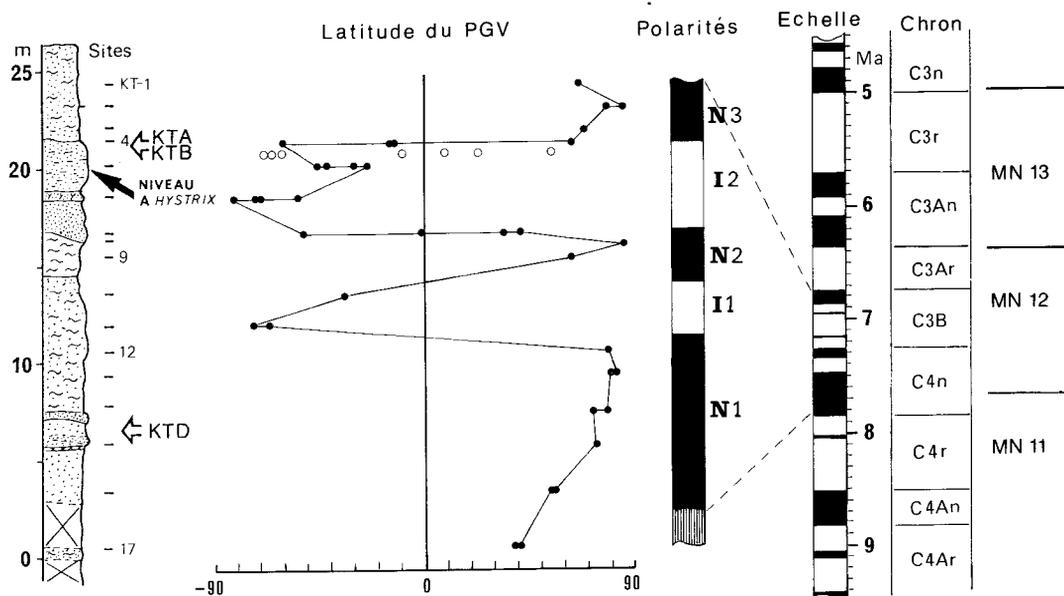


FIG. 5. — Latitude du pôle géomagnétique virtuel (PGV) calculée pour chaque échantillon désaimanté et reportée en rapport avec la stratigraphie. La colonne de droite montre la succession des zones de polarité dans la coupe de Kemiklitepe et sa corrélation avec l'échelle géomagnétique (d'après CANDE & KENT, 1992). Les ronds blancs indiquent les échantillons provenant des gisements fossilifères KTA et KTB.

*Latitude of the virtual geomagnetic pole (PGV) for each sample versus lithologic column. At the right side are reported the polarity succession in the Kemiklitepe section and its correlation with the geomagnetic polarity time scale of CANDE and KENT, 1992. The white dots indicate samples taken from the mammal localities KTA and KTB.*

### CORRÉLATION

Avant d'essayer de corréler ces polarités avec l'échelle des inversions géomagnétiques, il convient de se poser deux questions :

- 1) ces cinq zones de polarité représentent-elles la totalité des épisodes correspondant à la durée recouverte par cette coupe ?
- 2) quelle est la régularité du taux de sédimentation ou dans quelle mesure les épaisseurs des zones de polarité reflètent-elles leurs durées respectives ?

A Kemiklitepe, nous avons affaire à une formation fluviatile avec un cortège assez varié de milieux de sédimentation : plaine d'inondation, banc de sable, chenaux et même quelques passages marécageux. Il est bien connu que ce genre de dépôts se met en place d'une manière discontinue, à la faveur des crues et des inondations, avec une alternance des phénomènes de sédimentation et d'érosion (ou d'arrêt de sédimentation) (voir BOGGS, 1987). Par ailleurs, la nature lithologique des bancs et leurs épaisseurs montrent des différences évidentes d'un niveau à l'autre. Les surfaces d'érosion s'observent clairement à la base des bancs de grès (chenaux), mais dans les autres parties de la section, il n'est pas possible de discerner de discontinuité. Les données paléomagnétiques sont en faveur d'une certaine continuité de la sédimentation, du moins dans la partie supérieure de la section. En effet, les deux

dernières transitions de polarité, N2-I2 et I2-N3 (voir fig. 5) sont représentées par des sites à polarité intermédiaire (respectivement KT-7 et KT-4). En revanche, les deux autres transitions sont apparemment brutales puisque notre échantillonnage ne comporte pas de site intermédiaire dans cette partie de la section. Les variations lithologiques et géométriques de faciès indiqueraient une sédimentation discontinue mais sans lacune majeure et de vitesse irrégulière. Pour répondre aux questions ci-dessus, on peut donc dire que cette succession de polarités recouvre probablement la totalité des inversions géomagnétiques survenues durant la mise en place de ces dépôts, mais leurs épaisseurs respectives pourraient ne pas être tout à fait corrélatives à la durée de chacune des périodes de polarité (autrement dit, taux de sédimentation irrégulier).

La figure 5 montre la latitude du pôle géomagnétique virtuel tout au long de la coupe de Kemiklitepe et la succession des zones de polarité obtenues et la portion de l'échelle des inversions géomagnétiques (CANDE & KENT, 1992) entre 9,5 et 4,5 Ma. Le Miocène supérieur auquel appartiennent ces dépôts se caractérise par une forte fréquence des inversions de polarité (CANDE & KENT, 1992) et, de ce fait, plusieurs intervalles de cette échelle montrent des ressemblances avec la succession de polarités de Kemiklitepe. Pour une tentative de corrélation, il faut d'abord rappeler les données biostratigraphiques fournies par les mammifères.

Les faunes de mammifères de Kemiklitepe suggèrent l'attribution de ces dépôts au Turolien (voir DE BONIS *et al.*, même volume). Le gisement de KTD est d'âge turolien inférieur (MN11) tandis que le niveau fossilifère supérieur (KTA-KTB) indique un âge plus récent (MN12), voire assez proche des gisements tels que Samos Quarry A et Quarry 5 et Dytiko qui sont en général attribués au début du Turolien supérieur (MN13). La distance stratigraphique entre les deux niveaux fossilifères de Kemiklitepe (15 m), la nature de ces dépôts fluviaux et l'absence de lacune de sédimentation notable ne permettent pas d'envisager une différence chronologique importante entre les faunes de KTD et KTA-KTB.

STEININGER *et al.* (1990) ont proposé une corrélation du Turolien (unités mammaliennes MN11 à MN13) avec l'échelle géomagnétique d'après BERGGREN *et al.* (1985). Ils mettent cet étage en parallèle avec l'intervalle de C3r-C4Ar.3 qui correspond dans cette échelle à la période entre 8,9 et 4,9 Ma. Il faut cependant rappeler que les calibrages radiochronologiques et/ou magnétostratigraphiques des gisements turoliens en Europe et dans le pourtour méditerranéen sont extrêmement rares. Par exemple, il n'existe aucune datation précise de la limite vallésienne-turolienne ; quant à la limite turolienne-ruscinienne, elle est considérée équivalente à la limite mio-pliocène qui est calibrée à partir des formations marines.

A partir de l'étude magnétostratigraphique de la coupe de Cabriel en Espagne (elle concerne les gisements de mammifères de Fuente Podrida, Balneario, Venta del Moro et Fuente del Viso), OPDYKE *et al.* (1990) ont calibré, la limite MN11-MN12 de 7,2-7,3 Ma, d'après l'échelle géomagnétique de BERGGREN *et al.* (1985). Cette transition s'effectuait durant le Chron C4n.2 (voir fig. 5). Le nouveau calibrage de l'échelle géomagnétique par CANDE et KENT (1992) vieillit cet âge d'environ 0,5 Ma, le portant à 7,7-7,8 Ma. Par ailleurs, en ce qui concerne la limite MN12-MN13, les données magnétostratigraphiques obtenues dans les coupes de Cabriel en Espagne (OPDYKE *et al.*, 1990) et de Samos en Grèce (SEN & VALET, 1986) autorisent de placer cette transition proche de la base du Chron C3An.2, soit à environ 6,3 Ma.

Ces données nous permettent de définir le cadre chronologique des faunes de Kemiklitepe. La figure 5 présente la succession des polarités de notre section contre l'échelle géomagnétique de CANDE et KENT (1992). En tenant compte de ces éléments de corrélation, deux hypothèses sont envisageables :

1) Soit cette section comporte de grandes lacunes de sédimentation et, de ce fait, la polarité du champ terrestre n'est enregistrée que de manière très discontinue. Une telle hypothèse ne permet d'envisager aucune corrélation précise avec l'échelle géomagnétique. La présence de cinq zones de

polarité dans cette coupe qui ne mesure que 25 m d'épaisseur et l'écart d'âge important entre les deux niveaux fossilifères serait en faveur de cette hypothèse.

2) En revanche, étant donné que cette coupe ne présente pas de discontinuité majeure et que certaines transitions de polarité sont représentées par des sites intermédiaires, on peut raisonnablement penser que la sédimentation est relativement continue et que ces sédiments ont enregistré une succession continue de polarités. Cette seconde hypothèse permet de suggérer la corrélation des polarités de Kemiklitepe avec l'échelle géomagnétique. La plus forte ressemblance entre les magnétozones de Kemiklitepe et l'échelle géomagnétique est avec l'intervalle de C4n.2 - C3Bn (entre 7,8 et 6,8 Ma). Dans cette corrélation, la zone N1 de Kemiklitepe correspond au Chron C4n.2 dont la durée est de 7,89 à 7,64 Ma. Le gisement KTD se trouve à peu près au milieu de cette magnétozone. Les zones de polarité plus récentes peuvent être corrélées avec des chrons plus jeunes, à savoir C4n.1 et une partie du C3B. Rappelons que cette partie de l'échelle comporte deux courts épisodes à polarité normale dont la durée est de 35 mille ans chacun. Selon qu'on tient compte ou non de ces épisodes, la partie supérieure de la coupe de Kemiklitepe (zone N3) correspondrait soit à l'épisode normal C3Br.2n, soit à C3Bn (voir fig. 5). Ces corrélations attribuent respectivement un âge de 7,19 ou 6,90 Ma au niveau fossilifère KTA+KTB.

Dans la figure 5, c'est l'hypothèse n° 2 qui a été retenue. Elle a l'avantage d'être en parfait accord avec le calibrage proposé par d'autres auteurs pour la limite MN11-MN12. Cependant, cette corrélation implique un taux de sédimentation de l'ordre de 3-4 cm/ka, ce qui est très faible pour des faciès à dominante fluviatile. De tels taux de sédimentation sont fréquemment observés dans les dépôts marins et lacustres, mais les formations fluviatiles présentent en général des taux beaucoup plus élevés (SEN, 1988). Des formations d'âge et de nature similaires à l'île de Samos ont donné un taux moyenne de 12 cm/ka (SEN & VALET, 1986). Dans les formations fluviatiles des Sivaliks du Pakistan, des taux variant entre 13 et 49 cm/ka ont été mesurés (JOHNSON *et al.*, 1982).

A l'occasion de cette étude, nous n'avons exploré que les affleurements fournis par le ravin principal qui entaille le secteur fossilifère de Kemiklitepe. Dans cette localité, il n'est pas possible de lever une coupe plus étendue que celle étudiée. En revanche, dans ce bassin sédimentaire, cette formation fluviatile s'étend sur plusieurs dizaines de kilomètres, affleurant parfois sur plus de cent mètres d'épaisseur. Cela pourrait permettre, à l'avenir, de découvrir d'autres gisements de mammifères et de compléter les données bio- et magnétostratigraphiques.

## RÉFÉRENCES

- BERGGREN, W.A., D. V. KENT & J. A. VAN COUVERING, 1985. — The Neogene: Part 2, Neogene geochronology and chronostratigraphy. In : N. J. SNELLING (Edit.), *The Chronology of the geological record. Geol. Soc. London, Mem.*, n° 10 : 211-260, 3 fig.
- BONIS, L. DE, G. BOUVRAIN, D. GÉRAADS, G. KOUFOS, S. SEN & P. TASSY, 1994. — Les gisements de mammifères du Miocène supérieur de Kemiklitepe, Turquie : 11. Biochronologie, paléoécologie et relations paléo-biogéographiques. *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, 4e sér., 16, C, (1) : 225-240.
- BOGGS, S., 1987. — Principles of sedimentology and stratigraphy. Merrill Publ. Comp., Columbus, 784p.
- CANDE, S. C., & D.V. KENT, 1992. — A new geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *J. Geophys. Res.*, 97, B10 : 13917-13951, 42 fig.
- ERCAN, T., A. DINÇEL, S. METİN, A. TÜRKECAN & E. GÜNAY, 1978. — Usak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. *Türk. Jeol. Kur. Büll.*, Ankara, 21 : 97-106, 3 fig., 5 pl.

- JOHNSON, N. M., N. D. OPDYKE, G. D. JOHNSON, E. H. LINDSAY & R. A. K. TAHIRKHELI, 1982. — Magnetic polarity stratigraphy and ages of Siwalik group rocks of the Potwar Plateau, Pakistan. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, Amsterdam, **37** : 17-42, 15 fig.
- KISSEL, C., C. LAJ, A. M. C. SENGÖR & A. POISSON, 1987. — Paleomagnetic evidence for rotation in opposite senses of adjacent blocks in northeastern Aegea and western Anatolia. *Geophys. Res. Lett.*, Washington, **14** (9) : 907-910, 4 fig.
- OPDYKE, N., P. MEIN, E. MOISSENET, A. PÉREZ GONZALEZ, E. LINDSAY & M. PETKO, 1990. — The magnetic stratigraphy of the late Miocene sediments of the Cabriel Basin, Spain. In : E. H. LINDSAY *et al.* (Eds.), *European Neogene Mammal Chronology*. Plenum Press, N. Y., NATO ASI ser. A, **180** : 507-514.
- OZANSOY, F., 1961. — *Hyaena senyürekli* Ozansoy du Pliocène supérieur et la répartition du genre *Hyaena* dans le système pliocène de Turquie. *Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey*, Ankara, **57**: 97-120, 2 pl.
- 1969. — Sur la longévité des faunes à *Hipparion* et les faunes de vertébrés fossiles dans la région de la Mer Egée anatolienne. *Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey*, Ankara, **72**: 130-134.
- SEN, S., 1988. — Magnétostratigraphie et taux de sédimentation: quelques données sur les dépôts fluviaux, lacustres et marins du Néogène méditerranéen. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **4** (1) : 161-166, 4 fig.
- SEN, S., & J. P. VALET, 1986. — Magnetostratigraphy of late Miocene deposits in Samos, Greece. *Earth Planet. Sci. Lett.*, Amsterdam, **80** : 167-174.
- SICKENBERG, O., J.D. BECKER-PLATEN, L. BENDA, D. BERG, B. ENGESSER, W. GAZIRY, K. HEISSIG, K. A. HÜNERMANN, P.Y. SONDAAR, N. SCHMIDT-KITTLER, K. STAESCHE, U. STAESCHE, P. STEFFENS & H. TOBIEN, 1975. — Die Gliederung des höheren Jungtertiärs und Altquartärs in der Türkei nach Vertebraten und ihre Bedeutung für die internationale Neogen-Stratigraphie. *Geol. Jahrb.*, Hannover, **B, 15** : 1-167.
- STEININGER, F. F., R. L. BERNOR & V. FAHLBUSCH, 1990. — European Neogene marine/continental chronologic correlations. In : E. H. LINDSAY, V. FAHLBUSCH & P. MEIN (Eds.), *European Neogene mammal chronology*, Plenum Press, New York, NATO ASI ser. A, **180** : 15-46, 1 fig., 1 tabl.
- TUNA, V., 1980. — Odontological variations in *Hipparion* from the biozone of Kemiklitepe (Usak, Esme), Pliocene. *Newsl. Paleontologie (Vertebrate)*, Natur. Hist. Inst., Ege Univ., Fac. Sc., Izmir, **A, 3** : 1-4.
- 1985. — Kemiklitepe (Usak - Esme) omurgali faunası Hipparionlarında odontolojik degisimler. *Türk. Jeol. Kur. Büll.*, Ankara, **C, 28** : 47-54, 2 fig., 2 pl.
- YALÇINLAR, I., 1946. — Une faune de vertébrés miocènes aux environs d'Esme (Turquie, vallée du Méandre supérieur). *Istanbul Univ. Fen Fak. Mecmuası*, **B, 11** (2) : 124-130, 1 fig